

AARコンクリート供試体の膨張とひび割れの関係

愛知工業大学 学生員 皿井 剛典

愛知工業大学 正会員 岩月 栄治

愛知工業大学 正会員 森野 奎二

1. はじめに

コンクリートのアルカリ骨材反応(AAR)は、我が国で1983年に問題視されて以来、今日でも重要な課題となっている。たとえば、最近では道路の凍結防止剤にCaClに替わってNaClが使用されるようになり、コンクリート施工後に外部からアルカリが進入する機会が増しており、実際にアルカリ骨材反応によるひび割れが発生している事例もみられる。またある地域では山砂利がよく普通に使われているが、この山砂利はほとんど全部がチャートからなっており、反応性骨材を日常的に使っていることになる。使用時に際しては代表的なサンプルによる化学法の試験が行われ、反応性あり、なしの判断がなされている。結果はSc/Rcが1前後を変動するが、本質的にはチャートは反応性骨材である。たまたま試験結果が反応性なしとなっても実際に使用したコンクリートに問題が発生する場合もある。このような背景からAARの詳細な基礎的な実験を繰り返す必要がある。

本研究では、反応性の高いチャート碎石と実際に骨材として使用されているチャート質山砂利を用いてコンクリート角柱を作製し、膨張率測定、超音波伝播速度測定及びひび割れの観察を行い、それら相互の関係について検討した。

2. 実験方法

2-1. 使用骨材

反応性骨材は、岐阜県産のチャート碎石(以下Yoチャートと記す)と愛知県産のチャート質山砂利(以下Seチャートと記す)を用いた。化学法の結果を表1に示す。Yoチャート, Seチャートともに

Sc/Rcが1以上であり判定は「無害でない」である。偏光顕微鏡観察ではYoチャートは潜晶質石英中に玉髄が多く、Seチャートは玉髄が散在している。X線分析では、石英の $2\theta=67\sim69^\circ$ ($\text{CuK}\alpha_1$)の5本のピーク強度から算出する結晶性指標(CI)はYoチャートがCI=5.6、SeチャートがCI=7.1である。これらの岩石学的な観察ではSeチャートよりもYoチャートの方が反応性が高いものである。非反応性骨材は安定な石英からなる珪砂(Sc: 12, Rc: 28)を使用した。

2-2. 実験方法

セメントは普通ポルトランドセメント($\text{Na}_2\text{Oeq}0.69\%$)、減水剤は高性能A E減水剤(成分: ポリアルキルアシルスルホン酸)を用いた。添加アルカリはNaOH(顆粒状, 純度99.8%)を使用し、練混ぜ水に溶かして用いた。全アルカリ量は Na_2O 換算で3, 4, 5, 6, 7, 9 kg/m^3 (Yoチャートの最大寸法40mmの場合は3, 6, 9 kg/m^3 のみ)とした。粗骨材は反応性骨材のみを使用した。細骨材には珪砂を使用した。粗骨材の一部(5~2.5mmの5%分)に粒度調整のために粗骨材のチャート粒子を使用した。骨材の粒度を表2に、コンクリートの配合表を表3に示す。供試体寸法は $10\times10\times38\text{cm}$ とし、貯蔵方法は20, 40 $^\circ\text{C}$ の湿潤状態とした。膨張率測定と同時に目視によるひび割れ観察を行い、材齢28日から超音波伝播速度(振動子周波数: 50kHz)も測定した。

表1 使用骨材の性質

使用骨材	形状	産地	化学法の結果(mmol/l)			偏光顕微鏡観察と結晶性指標(CI)
			Re	Se	Sc/Rc	
Yoチャート	碎石	岐阜	105	315	3.0	潜晶質石英中に玉髄が多い。CI=5.6
Seチャート	山砂利	愛知	58	116	2.0	潜晶質石英中に玉髄が散在。CI=7.1
珪砂	砂	愛知	28	12	0.4	CI=10.6

表2 骨材の粒度

粗骨材			細骨材	
粒度範圍 (mm)	比率 (%)		粒度範圍 (mm)	比率 (%)
	骨材最大寸法			
	40mm	25mm		
40~30	20		5.0~2.5	7.1
30~25	10		2.5~1.2	21.3
25~20	15	25	1.2~0.6	21.4
20~15	15	25	0.6~0.3	28.4
15~10	20	25	0.3~0.15	13.7
10~5	20	25	0.15~	5.4

注) 骨材最大寸法40mmはYoチャートのみ

表3 コンクリートの配合表

骨材の種類	粗骨材の最大寸法 (mm)	スラングの範囲 (cm)	空気量の範囲 (%)	水セメント比 W/C (%)	細骨材の比率 s/a (%)	単位量 (kg/m ³)				水和剤 (g/m ³)
						水		セメント		
						W	C	S	G	
Yoチャート	40	8.0	4.5	52.1	38.0	148	280	720	1170	4200
	25	8.0	4.5	51.3	41.0	154	300	761	1091	4503
Seチャート	25	8.0	4.5	51.3	41.0	154	300	761	1074	4500

3. 結果及び考察

3-1. コンクリート角柱の膨張率と超音波速度の関係

図1にYoチャートを用いたコンクリート角柱の膨張率と超音波速度の相対速度変化率を示す。膨張は材齢60日付近から始まり、アルカリ量に比例して高くなり、材齢180日ではアルカリ9.0kg/m³で0.36%の膨張率となっている。相対速度変化率は、膨張の増加に伴って低下しており、膨張率と速度低下率とは比例関係にある。図2にSeチャートを用いたコンクリート角柱の膨張率と超音波速度の相対速度変化率を示す。Seチャートは材齢90日付近から膨張し始め、材齢180日では最大で0.128%の膨張率である。このSeチャートはYoチャートよりも現象の現れるのが遅いが、Yoチャートと同様に膨張率と超音波速度の低下とは比例関係にある。

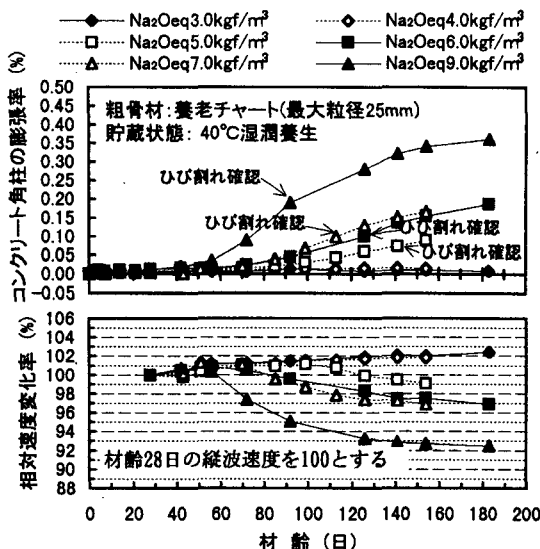


図1 コンクリート角柱の膨張率と超音波の相対速度変化率(Yoチャート)

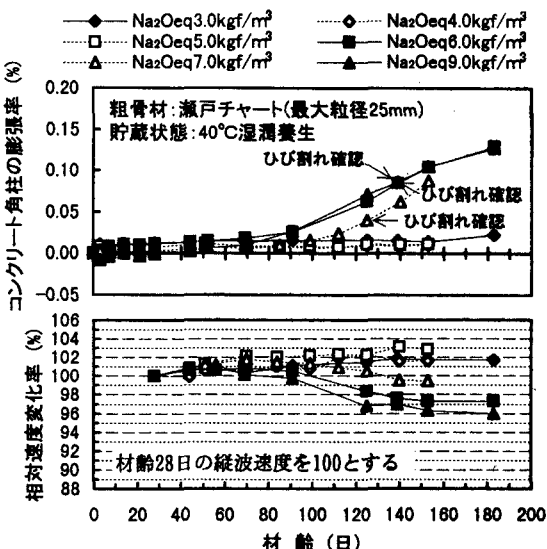


図2 コンクリート角柱の膨張率と超音波の相対速度変化率(Seチャート)

3-2. コンクリート角柱の膨張率とひび割れとの関係

表4にひび割れを確認した材齢とその時の膨張率を示す。ひび割れの確認は、膨張率測定時にコンクリート供試体の目視観察によるもので、クラックスケールの0.05mmが肉眼で観察できる限界であった。YoチャートはSeチャートよりも早い材齢でひび割れが確認されたが、ひび割れ確認時の膨張率はSeチャートの方が低い値となっている。このことはSeチャートは少ない膨張でひび割れが発生することを示している。この結果は過去の研究とも一致しており、骨材形状が角張っているものと(Yo)、丸いもの(Se)との違いが関与している可能性が高い。表5にひび割れ幅の測定結果を示す。5.5~6ヶ月での各材齢のひび割れ幅の最大のものは、Yoチャートの骨材最大寸法40mm、アルカリ量9.0kg/m³の場合であり、その幅は0.20mmであった。

4. まとめ

①10×10×40cm供試体において膨張率が増加する時期と超音波速度が減少する時期が一致し、膨張率が高くなると超音波速度の低下率が大きくなった。②碎石よりも砂利の方が少ない膨張率でひび割れが発生する。

表4 ひび割れを確認した材齢と膨張率

供試体	アルカリ量(kg/m ³)					
	3.0	4.0	5.0	6.0	7.0	9.0
Yoチャート	ひび割れ	-	-	128	-	92
(Max40mm)	なし	-	-	0.223	-	0.224
Yoチャート	ひび割れ	ひび割れ	141	128	113	92
(Max25mm)	なし	なし	0.075	0.101	0.100	0.180
Seチャート	ひび割れ	ひび割れ	ひび割れ	139	125	139
(Max25mm)	なし	なし	なし	0.088	0.040	0.085

(注)上段:ひび割れ確認材齢(日)

下段:ひび割れ確認時の膨張率(%)

表5 ひび割れ幅の測定結果

供試体	アルカリ量(kg/m ³)	材齢	Max (mm)	Min (mm)
Yoチャート	6.0	6ヶ月	0.10	0.05
	9.0	6ヶ月	0.20	0.05
Yoチャート	5.0	5.5ヶ月	0.08	0.05
	6.0	6ヶ月	0.10	0.05
	7.0	5.5ヶ月	0.08	0.05
	9.0	6ヶ月	0.10	0.05
Seチャート	6.0	6ヶ月	0.08	0.05
	7.0	5.5ヶ月	0.05	0.05
	9.0	6ヶ月	0.08	0.05